

DSP 控制的突发激光驱动器 APC 系统

周 华^{1,2}

(1. 光纤通信技术和网络国家重点实验室,湖北 武汉 430074; 2. 烽火通信科技股份有限公司,湖北 武汉 430074)

摘要:针对突发模式光模块在系统应用中需要快速响应光探测电流的变化并维持光功率恒定的问题,设计了一种用于突发模式的光通信激光驱动器的 APC(自动功率控制)系统。该系统采用 DSP(数字信号处理)控制,能快速建立偏置电流,在全温度范围内保持发射光功率和消光比稳定;也能快速响应突发信号,在 2 ns 内关断和打开输出偏置电流,满足 EPON(以太网无源光网络)突发系统的需求。

关键词:自动功率控制;数字信号处理;以太网无源光网络;突发模式

中图分类号:TN915 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2013)05-0040-02

A DSP-controlled APC system with burst-mode laser driver

Zhou Hua^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China;
2. FiberHome Telecommunication Technologies Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: As it is necessary to fast respond the variations of optical detection current and maintain constant optical power for the applications of burst-mode optical modules in the system, this paper designs an Automatic Power Control (APC) system for the burst-mode optical communication laser driver. Controlled by Digital Signal Processing (DSP), this system can fast set up output bias current, keeping the transmitting optical power and extinction ratio constant over the whole range of temperature. In the burst mode, it can cut off or start up the output bias current in 2 ns, satisfying the requirements of the burst-mode EPON system.

Key words: automatic power control; digital signal process; EPON; burst-mode

0 引 言

在 EPON(以太网无源光网络)系统中,ONU(光网络单元)光模块由突发式光发射和连续式光接收两部分组成。其中光接收采用传统形式的时分复用电路;而光发射则是采用突发模式的工作方式,这是 ONU 光模块研发中的重点^[1]。由于 LD(激光器)光输出的电流特性对温度的依赖性很强,且输出效率随着 LD 的老化而降低,所以设计一个基于 MD(监控光电二极管)反馈的 APC(自动功率控制)电路是很有必要的。这个 MD 产生一个与 LD 的光输出功率成比例的输出电流,它与温度及老化程度的关系很小。APC 电路根据 MD 的电流控制输出到 LD 的电流,保证 LD 平均光功率的恒定。

目前系统中的 APC 电路有两种常见的实现方式:(1)控制 LD 的偏置电流,使其自动跟踪阈值的变化,从而使 LD 总是偏置在最佳工作状态;(2)控制 LD 调制脉冲电流幅度,使其自动跟踪外微分子效率的变化,从而保持输出光脉冲信号的幅度不变^[2]。

本文针对作为突发模式激光驱动器关键技术

的 APC,提出了一个保证输出光功率稳定的系统结构。该系统通过了芯片验证,并通过了测试。

1 系统框图及工作原理

图 1 所示为本文设计的 APC 系统结构,它由偏置电流控制模块、模拟信号处理电路和 DSP(数字

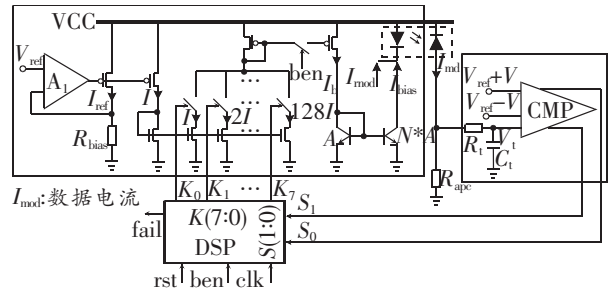


图 1 本设计的系统框图

信号处理)模块组成。偏置电流控制模块可以控制最大偏置电流的输出范围,根据 DSP 模块的输出决定偏置电流的大小,一旦突发使能信号 ben 有效,可在 2 ns 时间内关断和打开偏置电流。模拟信号处理电路对采样的 MD 的电流 I_{md} 进行处理,得到状态位 $S(1:0)$ 来表征此时偏置电流是否合适。DSP 模

块根据模拟信号处理电路的输出 $S(1:0)$ ，通过算法的处理，在 3 个突发周期内完成 LD 的初始化，同时为满足 EPON/GPON(吉比特无源光网络)突发系统的要求，迅速关断偏置电流。另外，当 LD 失效，无法完成 APC 功能时，输出失效标志 fail 信号。

参考图 1，分析该 APS 系统的工作原理。系统由带隙基准电路产生不随温度变化的电压 V_{ref} ，将 V_{ref} 施加在一个可变的电阻 R_{bias} 上，得到想要的基准电流 I_{ref} ，将 I_{ref} 通过电流镜电路映射到由 DSP 模块输出信号 $K(7:0)$ 控制的开关电路，电流镜的映射比为 N 。通过改变 R_{bias} 的大小，可以决定输出的最大偏置电流的大小。这 8 个支路的电流是等比映射增加的，假设第 1 条支路电流为 I ，则第 2 条支路电流为 $2I$ ，以此类推，第 8 条支路电流为 $128I$ 。当 $K(7:0)$ 输出为“11111111”时，可以得到最大的输出偏置电流：

$$I_{bias_max} = N \times \frac{V_{ref}}{R_{bias}} \times (1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128) = 255 \times N \times \frac{V_{ref}}{R_{bias}},$$

可见 I_{bias} 主要由 R_{bias} 决定。通过 DSP 模块控制 $K(7:0)$ 的输出，可以在 $0 \sim I_{bias_max}$ (mA) 范围内改变 I_{bias} 的大小。当 ben 始终为低电平时，系统相当于工作在连续模式；当 ben 在高电平和低电平之间反复变化时，系统工作在突发模式。通过 ben 控制电流镜栅极上的模拟开关，可以实现在 2 ns 的时间内打开和关断偏置电流。图 2 显示了突发使能信号 ben 的关断时间，不论是打开还是关断，ben 均可以在 2 ns 的时间内关断偏置电流。

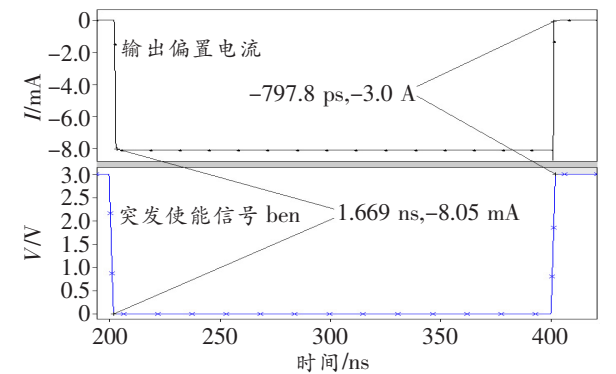


图 2 突发使能信号控制偏置电流

I_{bias} 和调制电流 I_{mod} 传送到 LD，经过 MD 映射的电流 I_{md} 在采样电阻 R_{apc} 上产生电压 V_t ，将此电压经过 R_t 和 C_t 的滤波电路后， V_t 被同时送到精度较高的比较器 CMP 的输入端，CMP 的另外一端的

输入电压是由带隙电压产生的两个标准电压，分别是 $V_{ref} + V$ 和 $V_{ref} - V$ ，此处 V 的大小决定了被比较的电压窗口的大小。从图 3 所示的仿真波形图中可以看出，当 V 较大时，系统更容易快速稳定，输出光功率在一个较大的范围内变化时被认为是稳定的，光眼图抖动减小；当 V 较小时，系统虽然需要更长的时间达到稳定，但是 LD 的光功率可变化的范围缩小，因此提高了输出光功率的精度，光眼图的抖动也会增大。

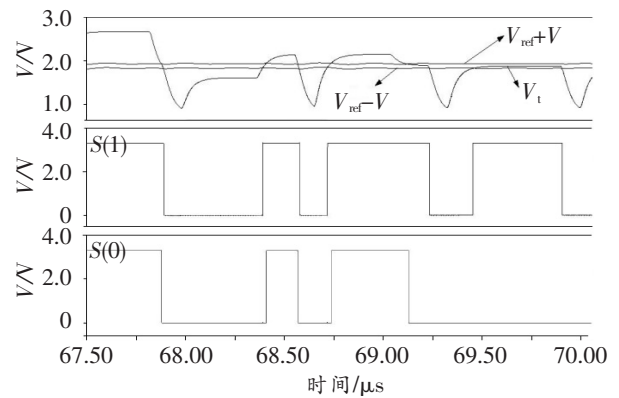


图 3 模拟信号处理电路输入输出的关系仿真波形

比较器的输出为 S_1 和 S_0 ， $S(1:0)$ 的输出状态可以体现 I_{md} 的大小，从而反应了 LD 中光功率的大小。DSP 模块通过采样模拟信号处理电路的输出信号 $S(1:0)$ ，采用有效的算法，完成环路的 APC，提供合适的输出 $K(7:0)$ ，用于控制偏置电流的大小。当工作在突发模式、ben 有效时，可以快速调用上一次突发周期的输出状态 $K(7:0)$ ，及时响应突发模式的系统应用需要。DSP 可以存储 ben 有效时的 $K(7:0)$ 状态，以便等到下次 ben 打开时，可以快速恢复光功率。

在自动功率调整过程中，每次是通过采样 $S(1:0)$ 的状态来决定是否需要调整输出偏置电流的大小。因为在模拟电路处理信号的过程中有一定的时延 τ ，因此 DSP 采样 $S(1:0)$ 也需要经过一定的等待时间，具体等待多久，需要计算模拟信号延迟时间，然后根据输入时钟 clk 的频率，计算需要等待的周期，使 DSP 模块和模拟电路之间匹配。

通过这种 DSP 控制平均光功率的模式，可以在 2 μ s 的时间内完成 LD 的初始化过程，给出 LD 需要的偏置电流。同时，针对突发系统需要快速关断的需求，系统可以在 2 ns 内快速打开和关断偏置电流，满足 EPON 系统的时间响应需求。